

Автономная некоммерческая организация высшего профессионального образования
«Северо-западный открытый технический университет»

Контрольная работа

На тему: «Электротехническое и конструкционное материаловедение»

Выполнил: студент Накиев Р. А.

Руководитель работы: Сивенков А.В.

Санкт-Петербург

2015 г.

1. Определить по диаграмме железо-цементит, какие превращения совершаются в заэвтектоидной стали марки У10 и доэвтектическом чугуне при медленном охлаждении от расплавленного состояния до комнатной температуры. Сопоставить эти превращения и указать окончательную структуру сплавов. Каково принципиальное отличие структуры чугуна от структуры стали, и как это отличие сказывается на механических и технологических свойствах этих сплавов

Сталь марки У10 содержит 0,95 - 1,04 % С. Кристаллизация сплава начнется при температуре примерно 1480 °С (точка 1), когда из расплава начнет выделяться аустенит - твердый раствор углерода в γ -железе. В процессе кристаллизации концентрация жидкости изменяется по линии ВС (линии ликвидус) концентрация аустенита по линии JE (линия солидус). Процесс кристаллизации заканчивается в точке 2, образуется однородный твердый раствор γ . Превращение аустенита начнется в точке 3, когда из аустенита выделится цементит. При выделении цементита аустенит обедняется углеродом в соответствии с линией ES, показывающей предельное насыщение аустенита углеродом. В точке 4 начинается образование перлита, которое происходит при постоянной температуре по эвтектоидной реакции. Продуктом этого превращения является эвтектоидная смесь феррита и цементита - перлит. В результате получается структура, состоящая из цементита, выделяющегося по границам зерен в виде сетки, и перлита. Доэвтектический чугун содержит углерода более 2,14 %, но менее 4,3 %. Начало кристаллизации такого чугуна определяется точкой 1, лежащей на линии ликвидус. При последующем охлаждении происходит выделение кристаллов аустенита переменного состава, концентрация которых определяется линией солидус. В точке 2 при температуре 1147 °С кристаллизуется эвтектика по эвтектической реакции. В результате этой реакции образуется эвтектическая смесь аустенита и цементита, которая называется ледебуритом. Кристаллизацией эвтектики заканчивается первичная кристаллизация этого чугуна. После окончания первичной кристаллизации структура чугуна состоит из ледебуритной эвтектики и первичных кристаллов аустенита. И первичный аустенит, и аустенит, входящий в эвтектику,

содержат максимальное количество углерода (2,14 %). При более низких температурах такое количество углерода не может содержаться в растворе, и при охлаждении от 1147 °С до 727 °С углерод выделяется из аустенита в виде вторичного цементита. Аустенит изменяет свою концентрацию от 2,14 до 0,8 %С. В точке 3 происходит перлитное превращение. Структура такого доэвтектического чугуна состоит из перлита, ледебурита и вторичного цементита. Чугун (кроме белого) отличается от стали наличием в структуре графитовых включений различной формы. Графит по сравнению со сталью обладает низкими механическими свойствами.

2. Сварные части корпуса реакторов АЭС (обечайки, днища и крышки) изготавливают методом штамповки. Обосновать выбор достаточно экономичной стали для этих изделий, учитывая необходимость их длительной эксплуатации при температурах до 600°С. Привести марку стали, химический состав и роль легирующих элементов. Назначить режим термической обработки, обеспечивающей необходимый комплекс свойств. Указать окончательную структуру и механические свойства стали

Корпус реактора работает в очень жёстких условиях: высокое давление, температура и скорость движения теплоносителя, мощные потоки радиационного излучения. Корпус представляет собой вертикальный цилиндр с эллиптическим днищем, внутри которого размещаются активная зона и внутрикорпусные устройства. Он состоит из фланца, двух обечаек зоны патрубков, опорной обечайки, двух цилиндрических обечаек и днища.

Учитывая вышесказанное, а также длительный цикл эксплуатации оборудования к материалу корпуса реактора предъявляются следующие требования: высокая коррозионная стойкость и технологические свойства (обрабатываемость давлением, хорошая свариваемость), удовлетворительный комплекс механических свойств и высокую жаропрочность.

Наиболее оптимальным является применение коррозионно-стойкой жаропрочной стали аустенитного класса-08X18H10T.

3. Особенности влияния легирующих элементов на структуру стали 12X18H10T

Основными легирующими элементами данной марки стали являются Cr-Ni. Однофазные стали имеют устойчивую структуру однородного аустенита с незначительным содержанием карбидов Ti (для предупреждения межкристаллитной коррозии. Такая структура получается после закалки с температур 1050°С-1080°С). Стали аустенитного класса имеют относительно небольшой уровень прочности (700-850МПа).

Хром, содержание которого в этой стали составляет 17-19%, представляет собой основной элемент, обеспечивающий способность металла к пассивации и обеспечивающий ее высокую коррозионную стойкость. Легирование никелем переводит сталь в аустенитный класс, что имеет принципиально важное значение, так как позволяет сочетать высокую технологичность стали с уникальным

комплексом эксплуатационных характеристик. В присутствии 0,1% углерода сталь имеет при $>900^{\circ}\text{C}$ полностью аустенитную структуру, что связано с сильным аустенитообразующим воздействием углерода. Соотношение концентраций хрома и никеля оказывает специфическое воздействие на стабильность аустенита при охлаждении температуры обработки на твердый раствор ($1050-1100^{\circ}\text{C}$). Кроме влияния основных элементов, необходимо учитывать также присутствие в стали кремния, титана и алюминия, способствующих образованию феррита.

4. Выбрать сплав для магнитопроводов электрических машин и аппаратов (роторов и статоров асинхронных двигателей, сердечников трансформаторов и т.п.)

Перечислить требования, предъявляемые к материалам этого назначения. Привести марку, химический состав, структуру и физические свойства сплава. Описать технологию изготовления и термической обработки данных изделий, объяснить ее влияние на физические и механические свойства сплава

Одним из основных требований, предъявляемых к магнитным материалам, является высокая магнитная проницаемость, т.е. чтобы требуемый магнитный поток в машине создавался возможно меньшим значением магнитно-движущей силы (МДС). Элементы магнитопроводов электрических машин (сердечники статоров машин переменного тока, якорей машин постоянного тока и т.п.) подвержены перемагничиванию, что вызывает потери энергии на вихревые токи и гистерезис. Поэтому к магнитным материалам, из которых изготовлены такие элементы магнитопроводов, предъявляются еще и требования: минимальные потери от перемагничивания и повышенное удельное электрическое сопротивление, что способствует уменьшению потерь от вихревых токов.

Наилучшим магнитным материалом, удовлетворяющим всем перечисленным требованиям, является тонколистовая электротехническая сталь. Широкий диапазон электромагнитных свойств электротехнической стали достигается изменением содержания кремния. Обычно сталь с меньшим содержанием кремния имеет меньшую магнитную проницаемость и большие удельные потери, но зато и большее допустимое значение магнитной индукции насыщения. С повышением содержания кремния увеличивается хрупкость электротехнической стали, что создает определенные трудности при штамповке (образование трещин в зубцовой зоне). Это обстоятельство ограничивает применение высоколегированных электротехнических сталей для изготовления сердечников при небольших размерах зубцов и пазов. По способу прокатки электротехнические стали подразделяют на холоднокатаные и горячекатаные.

Обозначение марки электротехнической стали состоит из четырех цифр:

заэвтектоидный сталь чугун магнитопровод

первая цифра указывает на вид прокатки и структурное состояние:

1 -- горячекатаная сталь;

2-- холоднокатаная изотропная сталь, имеющая одинаковые магнитные свойства вдоль и поперек направления проката;

3-- холоднокатаная анизотропная сталь, у которой магнитные свойства вдоль

направления проката лучше, чем поперек;

вторая цифра указывает на содержание кремния:

0-до 0,4%; 1 -0,4-0,8%; 2-0,8- 1,8%; 3- 1,8 -- 2,8 %; 4 -- 2,8 -- 3,8 %; 5- 3,8-4,8%;

третья цифра указывает на группу по удельным магнитным потерям;

четвертая цифра -- порядковый номер типа стали.

Элементы магнитопровода, изготавливаемые из листовой электротехнической стали, имеют шихтованную конструкцию, т. е. выполняются в виде пакета выштампованных листов, изолированных друг от друга изоляционной пленкой (лак, оксидная пленка), которая служит для ограничения вихревых токов.

В современных сериях асинхронных двигателей и машин постоянного тока преимущественное применение получили холоднокатаные изотропные стали марок 2013, 2312 и 2411, которые обладают высокими магнитными свойствами, хорошим качеством поверхности, малой разнотолщинностью. Применение этих сталей позволяет существенно улучшить энергетические показатели и уменьшить массу электрических машин.

Для изготовления сердечников главных полюсов применяют листовую конструкционную сталь толщиной 1 или 2 мм либо анизотропную холоднокатаную электротехническую сталь марки 3421 толщиной 1 мм. При изготовлении сердечников из анизотропной стали необходимо, чтобы продольная ось полюса совпадала с направлением проката стали. Применение холоднокатаной стали марки 3421 для сердечников главных полюсов позволяет уменьшить магнитное рассеяние добавочных полюсов и ослабить размагничивающее действие реакции якоря. Объясняется это тем, что магнитный поток обмотки якоря, проходя «поперек» сердечников главных полюсов, т.е. перпендикулярно направлению проката электротехнической стали, испытывает повышенное магнитное сопротивление, что и ведет к уменьшению этого потока. Электротехническая сталь - тонколистовая магнитно-мягкая сталь для магнитопроводов (сердечников) электротехнического оборудования (трансформаторов, генераторов, электродвигателей, дросселей, стабилизаторов, реле и т. д.). В зависимости от требуемого уровня магнитных свойств электротехническая сталь содержит различное количество кремния. В соответствии с технологией производства электротехническую сталь подразделяют на холоднокатаные и горячекатаные; в качестве легирующей добавки электротехническая сталь может содержать до 0,5% Al.

Качество электротехнической стали характеризуется электромагнитными свойствами (удельными потерями, коэрцитивной силой и магнитной индукцией), изотропностью магнитных свойств (разницей в значениях магнитных свойств металла вдоль и поперек направления прокатки), геометрическими размерами и качеством листов и полос, механическими свойствами.

Выбираем ленту стальную электротехническую холоднокатаную анизотропную марок 3421, 3422, 3423, 3424, 3425 по ГОСТ 21427.4-78. Основной нормируемой характеристикой для ленты толщинами 0,08; 0,10 мм являются удельные потери на перемагничивание при частоте 400 Гц и магнитной индукции 1,5 Тл. Для ленты толщиной 0,05 мм основной характеристикой являются удельные потери при

частоте 1000 Гц и магнитной индукции 1,0 Тл. Как видно из таблицы 3, лента может производиться марок 3421-3425, в зависимости от уровня удельных потерь. Для ленты толщиной 0,08-0,10 мм удельные потери изменяются от 15 до 22 Вт/кг; для ленты толщиной 0,05мм - от 20 до 24 Вт/кг. Магнитная индукция в поле напряженностью 2500 А/м должна быть не менее 1,82 Тл для высших марок и не менее 1,75 Тл для низших.

Кремний является единственным элементом, вводимым в трансформаторную сталь с целью улучшения электротехнических свойств железа, поэтому в маркировке отражается его содержание. Наличие кремния увеличивает магнитную проницаемость и электросопротивление стали, понижает коэрцитивную силу, уменьшая тем самым потери и на перемагничивание и на вихревые токи. Все другие элементы, за исключением фосфора, отрицательно влияют на электротехнические свойства железа. Поэтому технология выплавки и передела электротехнических сталей строится таким образом чтобы в готовом листе при значительном количестве кремния содержалось как можно меньше других примесей.

Марка стали

Массовая доля кремния, %

3412, 3413, 3414, 3415

2,8-3,8

3404, 3405, 3406, 3407, 3408

2,6-3,6

3311

1,8-2,8

Для получения высоких свойств трансформаторной стали необходимо, чтобы примеси, образующие включения, были удалены после того, как будет получена совершенная ребровая структура. Это происходит на заключительной стадии термической обработки путем растворения включений, диффузии примесей к поверхности и удаления их в газовую фазу.

Способ производства электротехнической стали (способ Литтманна), заключается в холодной прокатке лент с ребровой текстурой с обжатиями до 90% без промежуточных отжигов, с конечным отжигом при высоких температурах до 10500 С.

Прокатка ведется на валковом стане холодной прокатки. Обжатия в первых проходах составляют около 60%. Это обеспечивает минимальную разориентировку зерен исходной матрицы относительно направления прокатки и рост новых зерен, у которых ребро куба ориентировано вдоль направления прокатки, т.е. вдоль оси наилегчайшего намагничивания. Этим достигается высокий уровень магнитной индукции. В поле напряженностью 2500 А/м фактическая магнитная индукция составляет 1,87 -1,93 Тл.

Еще одной отличительной особенностью способа производства является применение конечного отжига при высоких температурах в активной восстановительной среде.

Назначение защитных атмосфер - предотвратить окисление и обеспечить обезуглероживание, высокую чистоту и электроизоляционные свойства поверхности готовой ленты. Вакуум обеспечивает высокую пластичность, однородные магнитные свойства стали. Водород является сильным восстановителем и активно обезуглероживает сталь. Вследствие высокой теплопроводности водород способствует значительному ускорению нагрева и охлаждения ленты. После отжига в водороде получается самая высокая чистота поверхности.

Электротехнические свойства листа в значительной степени определяются размерами зерна, с увеличением которого удельные потери снижаются. Объясняется это искаженной кристаллической решеткой границ зерен, являющихся поэтому препятствием для прохождения магнитного поля. Увеличение размеров зерна сокращает протяженность границ и тем самым способствует улучшению свойств

листа.

5. В системах электроснабжения широко используются литые изделия различного назначения (корпуса насосов, редукторов, вентилях, гидроприводов и т.п.). Выбрать наиболее экономичный сплав с прочностью ув 300 МПа для изготовления таких изделий. Привести марку, химический состав, механические и технологические свойства; описать структуру и способ получения

Наиболее подходящим сплавом для изготовления литых изделий с учетом требований изложенных в условии является серый чугун. Данный материал обладает рядом неоспоримых преимуществ: хорошая жидкотекучесть в сложные формы, относительно низкая температура плавления и литья, а так же хорошая коррозионная устойчивость.

Преимущества чугунного литья : хорошие литейные свойства, малая износостойкость, хорошая обрабатываемость, низкая себестоимость.

Основные недостатки: малая стойкость при ударном приложении нагрузки, затруднительная свариваемость и малая пластичность.

Механические свойства чугуна обусловлены его микроструктурой. Выбираем серый чугун марки СЧ 32-52 (буквы СЧ означают серый чугун, первое число - минимальный предел прочности при растяжении, второе число - минимальный предел прочности при изгибе). Выбранный чугун имеет перлитную структуру. Твердость 170-240 НВ.

Прочность при растяжении 320 МПа и изгибе 520 МПа. В сером чугуне обычно содержится 2,9-3,6% С; 1,5-3,5% Si; 0,4 - 1% Mn; 0,2-0,6% P; 0,03-0,12% S.

Перлитный серый чугун обладает высокой прочностью, умеренной твердостью и хорошей обрабатываемостью резанием. Высокая прочность этого чугуна объясняется присутствием в его структуре перлита и мелких пластинок графита. Вязкость и хорошая обрабатываемость получаются вследствие того, что цементит находится не в свободном состоянии, а в сочетании с вязким ферритом, входящим в состав перлита.

Скорость охлаждения отливки влияет на образование той или иной структуры чугуна. С увеличением скорости охлаждения отливки повышается содержание в чугуне цементита; с уменьшением скорости охлаждения отливки увеличивается содержание в чугуне графита ($Fe_3C = 3Fe + C$). Поэтому отливки со стенками разной толщины и с различной скоростью охлаждения при одном и том же химическом составе имеют разную микроструктуру, а следовательно, и механическую прочность.

В зонах отливки, где металл охлаждается с большей скоростью, например, около поверхности, образуется более мелкое зерно и выделяется более мелкий графит, а, следовательно, они имеют более высокие механические свойства, а в средней зоне, охлаждаемой с меньшей скоростью, образуется более крупное зерно.

6. Выбрать пластмассу с прочностью ув 130 МПа для изготовления катушек электромагнитов, работающих при температурах до 100 С. Привести ее марку, состав, строение, физические и механические свойства

Для изготовления катушек электромагнитов с заданными свойствами выбираем

полиэтилентерефталат. Полиэтилентерефталат (ПЭТ, ПЭТФ) -- это линейный термопластичный полиэфир, который имеет широкое применение в электротехнической промышленности применение в виде изделий, изготавливаемых экструзией и литьем под давлением.

Получают полиэтилентерефталат поликонденсацией терефталевой кислоты (бесцветные кристаллы) или ее диметилового эфира с этиленгликолем (жидкость) по периодической или непрерывной схеме в две стадии.

Обычно материал с более низкой молекулярной массой (М - 20 000) применяется для изготовления волокон; для других целей используется материал с более высокой молекулярной массой.

Товарный ПЭТ выпускается обычно в виде гранулята с размером гранул 2-4 миллиметра.

ПЭТ имеет высокую химическую стойкость к бензину, маслам, жирам, спиртам, эфиру, разбавленным кислотам и щелочам. Полиэтилентерефталат не растворим в воде и многих органических растворителях. Неустойчив к кетонам, сильным кислотам и щелочам. Имеет повышенную устойчивость к действию водяного пара. Рабочая температура изделий из ПЭТ варьируется от минус 60°C до плюс 170 °С. ПЭТ является хорошим диэлектриком и даже в присутствии влаги при температуре 180 °С его электрические свойства практически не изменяются.

Полиэтилентерефталат перерабатывается литьем под давлением, экструзией, формованием. Чтобы повысить свето-, термо-, огнестойкость, изменить цвет и другие свойства в ПЭТ вводят различные добавки.

Список литературы

1. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. (1990) Материаловедение: Учебник для вузов, издание 3-е переработанное
2. Калинин Э.Л., Саковцева М.Б. Свойства и переработка термопластов: Справочное пособие. -Л.: Химия, 1983. 288 с.
3. Калинин Э.Л., Саковцева М.Б. Выбор пластмасс для изготовления и эксплуатации изделий: Справочное пособие.
4. Е.В. Шадричев, А.В. Сивенков, Т.П. Горшкова: СПб, издательство СЗТУ. Материаловедение технология конструкционных материалов, учебно-методический комплекс,
5. Марочник сплавов и сталей. <http://www.manual-steel.ru/20H.html>
6. Дубров Н. Ф., Лапкин Н. И., Электротехнические стали, М., 1963;
7. Дружинин В. В., свойства электротехнической стали, 2 изд., М., 1974.